

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ОПОЛЗНЕВЫХ РАЙОНАХ

Комар Т.В., студент группы ПГС-504м

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Научный консультант – д.т.н., проф. Шалапко Ю.И.

Хмельницкий национальный университет

В статье представлены основные принципы численного моделирования поведения конструкций, взаимодействующих с массой почвы для напряженно-деформированного оценки состояния системы. Представлены результаты рационального выбора структуры в зависимости от расчета и анализа напряженно-деформированного состояния с учетом совместного работу подпорных сооружений и почвенной массы.

Актуальность работы обусловлена необходимостью эффективно-го обеспечения современного научно-технического уровня методов расчета защитных сооружений за счет применения современной теории для оценки напряженного состояния системы противооползневые конструкции – грунтовое основание и максимального использования уникальных возможностей современной вычислительной техники.

Цель исследования состоит в создании методов расчета динамических систем, состоящих из противооползневых конструкций и контактирующей с ними грунтовой среды, на основе последних достижений строительной механики, теории упругости, теории пластичности и механики грунтов при максимальном использовании современной вычислительной техники и обеспечения удобства их практического применения.

Объектом исследования являются динамические системы, состоящие из противооползневых конструкций и грунтовой среды и испытывающие сложное нагружение.

Предметом исследования является напряженное и деформированное состояние упомянутых динамических систем, характеристики которых определяют их прочность, устойчивость и надежность в эксплуатации.

Практическое значение результатов работы обусловлено тем, что:

- разработана методика расчета противооползневых сооружений в реальных условиях эксплуатации с учетом упругопластических свойств их материалов, которая позволяет с единых позиций реализовать предложенный в СНиПах подход по двум предельным состояниям: прочности и деформациям, а также выявить резервы несущей способности сооружений в процессе проектирования, эксплуатации и реконструкции;

- предложен и апробирован программный комплекс, который позволяет без каких – либо упрощений выполнить расчеты противооползневых сооружений по разработанной методике.

Анализ последних исследований. Защитные сооружения находят широкое применение при укреплении откосов, берегов водохранилищ, склонов, при создании набережных в городах и при строительстве многих других сооружений.

Нами в качестве противооползневых конструкций будут использоваться подпорные стены. В настоящее время существует несколько подробных разработок по их расчету [2, 6, 11] от давления грунта и приложенных нагрузок. Выполненные работы в основном можно сгруппировать по двум направлениям:

- исследования давления грунтовой среды на стены;
- расчет стен от указанного давления и приложенных нагрузок.

Исследованиям по определению давления грунтов на стены можно подразделить на две основные группы:

- недеформационные, в которых не установлена связь между напряжениями и деформациями, но некоторые из них модифицированы таким образом, что позволяют частично учитывать кинематические факторы;

- деформационные, в которых вводятся уравнения состояния, устанавливающие зависимости между напряжениями и деформациями или между их приращениями, которые могут быть линейными или нелинейными.

Классическими представителями первой группы являются теория Кулона и теория предельного напряженного состояния. Для деформируемых сред в работах первой группы применяют аксиому отвердения, превращая их в абсолютно твердые тела, к которым становятся применимы уравнения статики. Это позволяет оперировать не с интенсивностями усилий, возникающих в средах, а с эквивалентными равнодействующими силами. Вводится дополнительное допущение о том, что давление грунта на верхнюю

часть стены не зависит от работы, вызванной давлением на ее нижнюю часть.

В теории Кулона рассматривается сползающая в грунтовой среде затвердевшая призма с плоскими сторонами, в каждой точке поверхности скольжения выполняется условие пластичности Кулона-Мора. В теории предельного напряженного состояния принимается, что указанное условие пластичности имеет место для каждой точки грунтовой среды. В результате получается не плоская, а криволинейная поверхность скольжения в грунте, состоящая в сечении из отрезков логарифмических спиралей и прямых.

В последнее время, как уже отмечено выше, начинает разрабатываться наиболее прогрессивная упругопластическая модель, которая позволяет:

- учесть как упругие, так и пластические свойства грунтовой среды и материала подпорной стены;
- учесть процессы сложного нагружения;
- рассматривать стену и грунт как единую совместную расчетную систему и определять в любой ее точке напряженно-деформированное состояние.

Расчетов по подпорным гибким и гравитационным стенам опубликовано большое количество. Их можно подразделить на работы, выполненные без применения и с применением современной вычислительной техники. В расчетных алгоритмах первой группы кроме допущений, относящихся к моделям грунтовой среды, введены дополнительные допущения, связанные с моделями стен и с методами расчета.

Анализируя работы, относящиеся к оползневым процессам, следует отметить:

- в большинстве работ по определению перемещений подпорных стен рассматриваются в основном только вопросы вычисления активного и пассивного давления на них грунтовых сред;
- наиболее прогрессивными моделями для оценки устойчивости склонов и откосов совместно с противооползневыми конструкциями являются деформационные, которые можно использовать также для проверки несущей способности и определения напряженно-деформированного состояния таких систем в условиях их эксплуатации;
- в связи с развитием вычислительной техники и насыщением ею проектных и строительных организаций нерационально разрабатывать программное обеспечение, основанное на упрощенных методах расчета, в которые для получения численных результатов при ручном счете были введены серьезные упрощающие допущения;

- при разработке новых программных комплексов, предназначенных для расчета устойчивости склонов и откосов совместно с противооползневыми конструкциями, необходимо наиболее полно учитывать особенности работы таких сооружений, реальные свойства материалов конструкций и грунтовой среды и совместную работу всех их элементов.

Приведенный анализ позволил установить, что в подходах к расчету противооползневых сооружений имеется целый ряд нерешенных важных проблем. Основными недостатками существующих методов их расчета являются:

- применение отдельных методов определения напряженно-деформированного состояния противооползневых конструкций и контактирующей с ними грунтовой среды склонов или откосов без учета их взаимодействия в процессе деформирования является грубым приближением, поэтому необходимо их рассматривать только как единую совместную систему;

- материал противооползневых конструкций и грунты даже при небольших нагрузках обычно переходят в пластическое состояние; следовательно, в расчетах они должны рассматриваться в рамках упругопластической модели;

- деформационные теории пластичности применимы только при простом нагружении, когда действующая нагрузка изменяется пропорционально временному параметру, что не соответствует работе противооползневых сооружений в процессе их эксплуатации; следовательно, в расчетах этих сооружений должны применяться теории пластического течения с упрочнением, учитывающие их сложное нагружение;

- моделирование грунтовой среды по методу Кулона или по теории предельного напряженного состояния вызывают существенные ограничения реальных свойств грунтов; такое моделирование не позволяет определять деформации, а следовательно, и изменения напряженного состояния в процессе нагружения; различные модификации этих теорий не решают проблемы и не позволяют определять напряженно-деформированное состояние системы в процессе эксплуатации;

- применение к грунтам контактных упругих моделей винклеровского типа позволяет производить расчет только конструкций, определение напряжений и деформаций в грунтовой среде не представляется возможным;

- разрабатываемые алгоритмы расчета противооползневых сооружений на ЭВМ не должны ориентироваться на упрощенные

методы, которые создавались, когда мощная вычислительная техника отсутствовала; любые упрощения и вносимые ограничения, которые могут быть сделаны для упрощения расчета, в настоящее время не играют существенной роли при разработке новых методов расчета на ЭВМ и они могут не учитываться; поэтому при создании новых расчетных алгоритмов должны использоваться надежные и экономичные методики, наиболее полно учитывающие реальные свойства рассчитываемых систем.

Учитывая отмеченные недостатки существующих методов расчета противооползневых сооружений, в представленной работе поставлены и решены следующие из этих задач.

1. На основе теории пластического течения с упрочнением, базирующейся на принципе максимума Мизеса, позволяющего учитывать сложное нагружение, используется метод совместного расчета всех элементов, входящих в единую систему, состоящую из противооползневых конструкций и грунтовой среды склонов или откосов.

2. Применен алгоритм и базирующийся на нем программный комплекс для ЭВМ, позволяющий учесть в расчетах противооползневых сооружений большинство отмеченных выше замечаний по существующим методам расчета[2, 3].

3. Выполнено сравнение полученных экспериментальных данных с результатами расчета по предложенной теории.

4. Даны предложения и рекомендации по практическому использованию результатов исследований.

Изложение эмпирического материала.

Нами проведена практическая исследовательская работа, которая включала целый ряд следующих условных допущений:

- для расчета из склона или откоса выделяется полоса шириной 1 м, т.е. рассматривается задача плоской деформации;

- оползневой блок принимается в виде затвердевшего недеформируемого тела, которое смещается по фиксированной поверхности скольжения;

- силы, взаимодействующие между отсеками, на которые разбивается оползневой блок, в некоторых методах расчета не учитываются;

- касательные напряжения, возникающие на поверхности скольжения, считаются постоянными;

- действующие на удерживающие конструкции грунтовые напряжения от оползневого давления принимаются в виде фиксированной треугольной эпюры, т.е. сила оползневого давления

приложена от поверхности скольжения на одну треть мощности оползневой толщи;

-совместный расчет удерживающей конструкции и грунтовой среды заменяется только расчетом конструкции от действия определенного выше оползневого давления.

Как отмечалось выше, исследования свободны от перечисленных допущений, они наиболее полно учитывают реальные свойства материала конструкций и грунтовой среды.

Выводы. Таким образом, данное решение подтверждает, что в расчете подпорных стен с учетом упругопластических свойств материалов по классической методике скрыты значительные резервы прочности, приводящие к экономически необоснованным решениям. При сложных инженерно-геологических условиях (наличие подстилающего слоя грунта с низкими значениями прочностных характеристик) целесообразнее использовать методики, наиболее близко отвечающие реальной работе грунта в основании при статических воздействиях.

Склоны в реальных условиях эксплуатации работают в сложном напряженно-деформированном состоянии. Разработанная методика их расчета с учетом упругопластических свойств материалов позволяет с единых позиций реализовать предложенный в СНиП подход к проектированию по двум предельным состояниям: по прочности и деформациям.

1. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1974. – 316 с.
2. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Некоторые нелинейные модели грунтовой среды. – Одесса: Внешрекламсервис, 2007. – 310 с.
3. Гришин В.А., Снисаренко В.И. Одесские склоны и оползни. – Киев: МП Леся, 2008. – 300 с.
4. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Нелинейные модели конструкций, взаимодействующих с грунтовой средой. – Одесса, Зовнішрекламсервіс, 2006 г. – 242 с.
5. Ивлев Д.Д., Быковцев Г.И. Теория упрочняющегося пластического тела. – М.: Наука, 1971. – 231 с.
6. Клейн Г.К. Расчет подпорных стенок. – М.: Высшая школа, 1964. – 196 с.
7. Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве. М. – Л.: Госэнергоиздат, 1955. – 467 с.
8. Новожилов В.В. Теория упругости. – Л.: Судпрмгиз, 1958. – 370 с.
9. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Л.: Недра, 1965. – 378 с.
10. Федоров И.В. Метод расчета устойчивости склонов и откосов. – М.: Госстройиздат, 1962. – 230 с.
11. Яковлев П.И., Бибичков А.Г., Бибичков А.А. Взаимодействие сооружений с грунтом. – М.: Недра, 1997. – 464 с.